

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-170782

**(43)Date of publication of application : 14.06.2002**

**(51)Int.Cl.**

H01L 21/265

H05H 1/46

**(21)Application number : 2000-368160**

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

C BUI RES:KK

(22)Date of filing : 04.12.2000

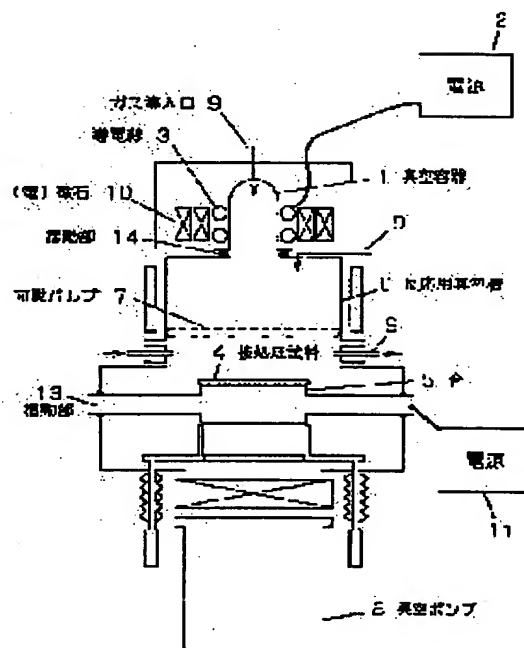
(72)Inventor : IWAI HIROSHI  
MIZUNO BUNJI  
TAKASE MICHIIHIKO  
NAKAYAMA ICHIRO  
KAWAURA HIROSHI

## (54) PLASMA DOPING METHOD AND DEVICE THEREOF

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently realize a plasma doping at the degree of a high vacuum by generating a plasma having a high density.

**SOLUTION:** A helicon-wave plasma is used as a plasma source in a plasma doping method, where a material is introduced in the vicinity of the surface of a material to be treated using a plasma.



## LEGAL STATUS

**[Date of request for examination]**

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

**[Date of final disposal for application]**

[Patent number]

**[Date of registration]**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-170782  
(P2002-170782A)

(43) 公開日 平成14年6月14日 (2002.6.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームド* (参考)
H 0 1 L 21/265		H 0 5 H 1/46	L
H 0 5 H 1/46			C
		H 0 1 L 21/265	F

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-368160(P2000-368160)

(22) 出願日 平成12年12月4日 (2000. 12. 4)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(71) 出願人 396010786

株式会社シー・ヴィ・リサーチ  
東京都大田区南大塚3-19-2

(72) 発明者 岩井 洋

神奈川県横浜市青葉区荏田北1丁目12番地  
100号

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

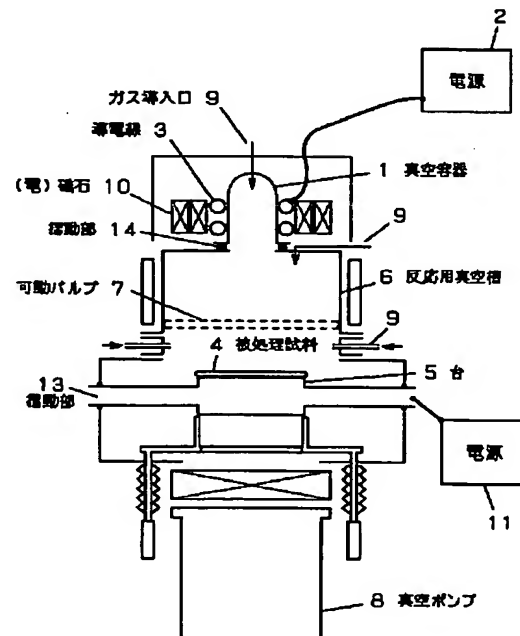
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマドーピング方法およびプラズマドーピング装置

(57) 【要約】

【課題】 高い密度を持つプラズマを発生させることにより高い真空度で、効率的にプラズマドーピングを実現する。

【解決手段】 プラズマを用いて物質を被処理物の表面近傍に導入するプラズマドーピング方法において、プラズマ源としてヘリコン波プラズマを用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマを用いて物質を被処理物の表面近傍に導入するプラズマドーピング方法において、プラズマ密度が $1\text{E}12\text{cm}^{-3}$ を越える超高密度プラズマ源を使用する事を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項2】 プラズマを用いて物質を被処理物の表面近傍に導入するプラズマドーピング方法において、プラズマ源としてヘリコン波プラズマを用いる事を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項3】 被処理試料と真空チャンバー間に高周波もしくは低周波あるいは直流の電源を設置し、電力を供給する事によって被処理試料と真空チャンバー間に電位差を発生させる事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項4】 被処理試料と真空チャンバー間に磁場を加える事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項5】 被処理試料と真空チャンバー間に磁場と電場を共通に加え、電子サイクロトロン共鳴状態(ECR)を用いる事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項6】 反応室の真空度を $0.1\text{mTorr}\sim 100\text{mTorr}$ 、ドーピングガスの流量を $0.1\text{sccm}\sim 100\text{sccm}$ とすることを特徴とする請求項1または請求項2または請求項3または請求項4または請求項5のいずれかに記載のプラズマドーピング方法。

【請求項7】 プラズマに使用するガスとしてB、As、P、Sb、Alを含むガスを用いる事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項8】 電力を印加するコイルの遠方でガスを導入し、ドーパントとなるガスを低圧力領域で解離させる事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項9】 ヘリコンプラズマ源の中心から $15\text{CM}$ 以上離れた個所にガス導入口を設定する事を特徴とする請求項8記載のプラズマドーピング方法。

【請求項10】 電力を印加するコイルの近傍でガスを導入し、ドーパントとなるガスを高圧力領域で解離させる事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項11】 電力を印加するコイルの近傍から不活性ガスを導入し、被処理試料近傍からドーパントガスを導入する事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング装置及びプラズマドーピング方法。

【請求項12】 ヘリコン波プラズマ源にパルス状の電磁場を加えてプラズマをパルス状に発生させる事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項13】 被処理試料を設置する装置に印加する高周波、低周波、直流のパワーに更に電磁場によるパルス状のパワーを加えてプラズマをパルス状に発生させる

事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項14】 ヘリコン波プラズマ源もしくは反応真空槽の被処理基板表面に照射可能な方向から電離放射線を照射する事を特徴とする請求項2記載のプラズマドーピング方法。

【請求項15】 電離放射線として紫外線を用いる事を特徴とする請求項14記載のプラズマドーピング方法。

【請求項16】 プラズマを用いて物質を被処理物の表面近傍に導入するプラズマドーピング装置において、プラズマ源としてヘリコン波プラズマ源を用いる事を特徴とするプラズマドーピング装置。

【請求項17】 被処理物を載置する台が前記被処理物より小さいことを特徴とする請求項16記載のプラズマドーピング装置。

【請求項18】 ヘリコン波プラズマ源、反応真空室、排気ポート、などの位置関係を全体のコンダクタンスが $1000\text{L}/\text{秒}$ 以上であることを特徴とする請求項16記載のプラズマドーピング装置。

【請求項19】 ヘリコン波リアクター、ウェーハ載置ステージ、排気ポートが同軸中心線から $100\text{mm}$ 以内に配置される事を特徴とする請求項18記載のプラズマドーピング装置。

【請求項20】 バイアス印加ステージにおいてプラズマ処理中に基板の揺動機能を備えていることを特徴とする請求項16記載のプラズマドーピング装置。

【請求項21】 ヘリコン波プラズマ源と反応真空チャンバーの間に真空又は高圧を保持できる機構の摺動部を設け、プラズマ源を動揺させる事によってプラズマを攪拌する機構を有する事を特徴とする請求項16記載のプラズマドーピング装置。

【請求項22】 発生するプラズマ中のイオンの方向を被処理試料表面の法線に従って入射するように制御する磁場発生用のマグネットを装備する事を特徴とする請求項16記載のプラズマドーピング装置。

【請求項23】 真空槽側面にプラズマ密度等のプラズマの状態を測定する測定針を挿入する構成を備えたことを特徴とする請求項16記載のプラズマドーピング装置。

【請求項24】 ドーピングガスやキャリアガスに特徴的なプラズマからの発光を測定し、その光量の累積を計算する事によってドーピングされた元素の量を推測する手段を備えた事を特徴とする請求項23記載のプラズマドーピング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は固体表面近傍に物質を導入する技術分野の内、特にプラズマを用いたドーピング技術に関係するものである。

【0002】

【従来の技術】プラズマドーピングのプラズマ源としては原理的に各種のソースを用いて行われているが、たとえばDCプラズマ源、高周波プラズマ源がその代表例として挙げられる。特に高い真空度で高いプラズマ密度を発生させるためには、ECRプラズマ源やヘリコンプラズマ源を使用する。

【0003】以下に発明者等が過去にECR装置を使用した例を記載した文献を引用して従来例を説明する。その文献は、水野文二他、「0.5ミクロン以下のトレンチ側壁へのプラズマドーピング方法」319～322ページ、第19回国際固体素子材料コンファレンス、エクステンデッド、アブストラクト、1987年開催 (Bunji MIZUNO 他, Plasma Doping into the side-wall of a sub-0.5  $\mu\text{m}$  width trench, pp319-322, Extended Abstract of the 19<sup>th</sup> Conference on Solid State Devices and Materials, Tokyo, 1987, The Japan Society of Applied Physics) である。

【0004】この引用した文献によれば、反応真空槽の真空度  $5 \times 10^{-4}$  Torr で十分なプラズマ密度を達成するために、2.45GHz のマイクロ波に加えて、825Gauss の磁場を印加し、Electron Cyclotron Resonance ECR の状態を実現している。

【0005】高い真空度でプラズマドーピングを行う理由は、被処理試料表面との反応を起こす、真空槽中の原子、分子密度を下げて、所謂CVD (Chemical Vapor Deposition) の発生を優勢にさせずにドーピングを優勢に行うために必要な条件である。

【0006】そのような条件下でより高いドーピング効率を発揮する為には、より高いプラズマ密度を実現する事が有効である。その為に上述のECR条件を応用したり、ICP (Inductance Coupling Plasma) を利用する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来例では、高密度のプラズマを発生させる為に開発されたプラズマ源を使用しているが、より高真空で高密度のプラズマを発生させるには原理的、コスト的に限界がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題点を解決するために、ヘリコン波のプラズマ源を使用してプラズマドーピング装置を構成し、プラズマドーピングを行うものである。

【0009】ヘリコン波プラズマを使用する事によって、極めて高密度のプラズマが高い真空度で達成できる。プラズマドーピング技術は、プラズマ中に含まれるドーパントのデポジション、インプラネーションの競合過程である。両者のプロセスを制御して最適のドーピングを実現する必要がある。先ず基本となるインプラネーションのプロセスを実現するためにはデポジションより優勢にインプラネーションを生じさせる必要がある。高い真空度はデポジションを抑制し得る条件であ

る。その様な条件下で高いプラズマ密度が発生できるので、十分な量のイオンが被処理試料の表面に十分なエネルギーを持って入射し、インプラネーションが可能となる。

【0010】また、本発明ではヘリコン波プラズマ源を使用した際に実際に付随するいくつかの改善策に関しての発明を併せて記述している。実施形態に個々に詳しく述べているが、ヘリコン波プラズマ源を使用するにあたって、その特徴を最大限に引き出せるようにガスの導入口の位置、最適なプラズマ条件、プラズマによる付随的な汚染の防止、被処理物へのドーピングの均一性向上、ドーピング量の定量的把握、ドーパントの同時処理などに関して実施例を用いて説明する。

【0011】

【発明の実施の形態】(実施の形態1) 図1を参照しながら本発明の実施の形態1を説明する。高真空度で高密度のプラズマを発生させ物質のドーピングに応用する為にヘリコン波プラズマを採用した。1はセラミクス (例えばガラス系の材料) でつくられた真空容器である。この真空容器1に電力を加える為の電源2と導電線3を設置する。被処理試料4を固定又は載置するための台5 (この図面では半導体や液晶を想定して平面型の試料を記述している) を設け、これら試料4と台5を含めて真空中に保持する反応用真空槽6を設備する。前記真空容器1及び反応用真空槽6の間には遮蔽する為の可動バルブ7を設置しても良い。前記真空容器1及び反応用真空槽6を真空中に保持する為の、真空ポンプ8を必要に応じて1基もしくは複数基設備する。プラズマを発生させる為に使用するガスを前記真空系に導入する必要があるが、ガス導入口9の位置としては図1に示した通り、真空容器1の端部付近、真空容器1と反応用真空槽6の間付近、反応用真空槽6に設置する。

【0012】真空容器1の頭部に、プラズマの分布を制御する磁場を発生する磁石もしくは電磁石10

(“(電)磁石”と表記) を図2に示すように設置する。

【0013】被処理試料4の近傍のプラズマを制御するために前記試料4に電位を加える場合は台5を導電性として、この台5に電源11を繋ぎ、電力を加える。この電力は必要に応じて高周波 (マイクロ波を含む)、低周波、直流電圧を印加するものとする。半導体や液晶などの電子機器を被処理対象とする場合には帯電による、被処理試料4に内蔵された半導体装置の破壊を防ぐために、高周波もしくは低周波で用いる事が推奨される。又、電力の代わりに磁場を用いてプラズマを制御する為の磁石もしくは電磁石10を台5近傍に設置する事もできる。先に設置したマイクロ波は印加用電源と併用する事で、ECR条件下でプラズマを制御する事も可能である。この組み合わせはコストパフォーマンスで決定される要因が多い。

【0014】次に、上記の基本構成を持つプラズマドーピング装置を用い、半導体装置を作成途中のシリコン基板を被処理試料4として、ボロンをドーピングする際の具体的な手法を説明する。真空ポンプ8を用いて、真空容器1及び反応用真空槽6を例えば $5 \times 10^{-7}$  Torrの高真空にする。被処理試料4としてのシリコン基板は事前に反応用真空槽6に入れておいても良いし、所謂ロードロックと呼ばれる基板搬送用の予備室から高真空の反応用真空槽6に導入しても良い。

【0015】ドーピング用使用するガスとして例えば $B_2H_6$ を採用し、これをHeで希釈して使用しても良い。希釈は真空系にガスを導入する前に行っても良いし、ガス導入口9を分けて行っても良い。先ずはHeによって5%に希釈された $B_2H_6$ ガスシリコン基板に近いガス導入口9から例えば毎分100ccの量を導入する。その際に真空度は大よそ $2 \times 10^{-3}$  Torrになる。この真空度やガス流量、希釈率は求めるドーピングの結果、例えばドーパント濃度やプロセス時間に関係するので、最適の条件を選ぶことができる。真空容器1の導電線3に13.56MHzの高周波を例えば500W印加してプラズマを発生させる。その際のプラズマ密度は $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ であった。プラズマを制御するために真空容器1頭部付近の電磁石10を50 Gaussに設定する。更にシリコン基板近傍のプラズマを制御する為に例えば台5に低周波の電源を接続し、600 kHzの低周波を200W印可する。その際に典型的には約500Vの電位差がプラズマとシリコン基板の間に発生する。このポテンシャル差を感じたプラズマ中のボロンを含むイオンが加速され、シリコン基板に注入される。ボロンがシリコン基板の表面へどの程度深く進入するかという事は前記の電位差を制御する事に関係して制御される。同時にプラズマ中のラジカルなど中性物質を中心とするボロンを含む物質がシリコン基板表面に吸着する。これらの反応によってこの例ではボロンがシリコン表面近傍にドーピングされる。約10秒間プラズマを照射した試料内のボロンの深さプロファイルは図3の通りである。

【0016】ここで記述したパラメータは一例であって、装置の構成で述べた要素を変更させて種々の条件を作り出すことができる。例えば、砒素や磷をドーピングするにはそれらを含むガスを用いる。2段階で超高密度のプラズマを実現するためには台5にマイクロ波を印可して、更に基板近傍に磁場を加え、ECR条件を実現しても良い。又、別の実施例で説明を加えるが、プラズマを用いて高いエネルギーを得ようとする際にはプラズマをパルス化し、高い電位差が維持できる短い時間帯で制御する事もできる。

【0017】ところで前述した通り、ガスの導入口9は何箇所かに設定することができる。それらのガス導入口9を設けている理由は、ヘリコン波プラズマソースに電力を印可する、導電線3近傍のドーパントガスの濃度を

制御しようとするものである。

【0018】例えば、基板近傍のガス導入口9を使用すると、ヘリコン波プラズマソースの導電線3近傍はガスが希薄な状態となる。これによってより多くの中性粒子が基板に付着する確率が高まる。又、真空容器1近傍のガス導入口9からドーパントガスを導入すると、ヘリコン波プラズマソースの導電線3近傍はガスが濃厚な状態になる。この事によりプラズマ化したガス中のイオンが主たる反応成分となり、所謂イオン注入が支配的な反応を実現できる。中間のガス導入口9を利用すると、その中間の状態が得られ安くなる。

【0019】基板近傍のガス導入口9と真空容器1近傍のガス導入口9の両方からガスを導入するとイオンも中性粒子も豊富な状態でのドーピングが実現できる。

【0020】又、基板近傍のガス導入口9からドーパントガスを導入、真空容器1近傍のガス導入口9から例えば希ガスとしてHeを導入する事によって大量に発生するHeイオンの入射を積極的に利用して、シリコン基板表面に吸着したボロン原子、分子を基板表面から叩き込むノックオンを実現することもできる。この際にはヘリコン波プラズマソースの導電線3近傍にドーパントガスが非常に希薄な為、真空容器1の汚染防止という付随する効果も期待できる。

【0021】次に、被処理試料4と台5の寸法関係に関して説明する。一般に試料4の表面の物性を変化させるために行うプラズマドーピングにおいては、必要な物質のみを含むガスなどを真空系に導入してドーピングを実施する。その際に台5は何らかの機械的な構造(強度など)を有する物質で作成するために、必ずしもドーピングに必要な物質のみで構成できないことが多い。そこで、台5や真空系内部をも悪影響を与えない物質でコーティングする事がある。又、試料4と台5をプラズマから見て、台5が試料4に隠れてしまう様な構成をとる事によって台5がプラズマに直接曝されない様にできる。この事によって台を構成する物質のプラズマ中への混入を防ぐ事ができる。

【0022】図4に示すものは円形のシリコンウエーハを想定した装置の例であるが、円形のウエーハに対してやや径の小さい台5がハッチ付きで記載されている、ハッチ付きの台5はプラズマから見ると、ウエーハの裏面側に隠れていて、直接ウエーハに曝される事はない。ウエーハを固定するピン12は、被処理試料4にドーピングされても問題の無い物質で表面をコーティングしておけば良い。例えば、被処理試料4がシリコン半導体であれば、ピンの表面をシリコンでコーティングすることも有効である。

【0023】次に、装置の真空系に関して図1を参照しながら説明する。図1はヘリコン波プラズマから始まって真空ポンプ8に至るまでの配置図を記入したものである。導入したガスを滞り無くポンプに流して、常に新鮮

なガスを反応に供する為に、ガス導入から排気までの全体のコンダクタンスを1000L/sec以上に設定している。簡便には全体のコンダクタンスを上昇させる為に、真空容器1、反応真空槽6、試料設置台5、真空ポンプ8の夫々中心を100mm以内のずれで留まる様に配置している。

【0024】次に、プラズマドーピングを行う際に、プラズマと被処理試料4との相対的な位置関係を同一被処理試料を処理する時間内に変動させる具体的な実施例について説明する。第1の実施例では、試料4を載置もしくは保持する台5を動揺させる事である。図1では台5と動揺用の器具を真空槽6を介して接続するための摺動部13を真空を破壊しない機構で設けている。この動揺機構を用いて、例えば、図面の左右方向に毎秒1往復、台5の自転方向に毎秒1回転させる事によって、プラズマとの相互運動を実現せしめ、被処理試料4へのドーピングの均一性を向上する。

【0025】第2の実施例では、ヘリコン波プラズマ源と反応用真空槽6との間を真空を保ちながら可動できる摺動部14を設け、並行方向及び回転方向に動かす。例えば、これも並行方向に毎秒1往復、回転方向に毎秒1回転させる事によってプラズマと被処理試料4との相互運動を実現せしめ、被処理試料4へのドーピングの均一性を向上する。

【0026】第3の実施例では、プラズマ源と台5をそれぞれ動かして、更に均一性を高めるものである。この際には、夫々の動きが同期しないように動かす事が肝要である。

【0027】次に、パルス状のプラズマを形成して高電圧のプラズマを形成したり、特定のイオン種を活性化したりする実施例に関して述べる。先にも述べた通り、パルスプラズマは高電圧を実現するのに便利な方法である。ヘリコン波プラズマ源を使用し、更に被処理試料台5に電力を印可する際に、パルス電力を印可し、プラズマをパルスの発生させる。パルスの間隔などは必要とする高電圧の値による。又、ヘリコン波プラズマ源に印可する電力をパルス的にしたり、被処理試料台8に加える電力をパルス状にしたり、又は被処理試料台5付近に与える磁場をパルス状にする事によって導入ガスに含まれる物質の種類の内、共鳴するなどの効果で優先的に励起することが可能となり、プラズマの制御に応用することができる。

【0028】更に拡散場について説明を行う。プラズマドーピングで半導体装置を作るための不純ドーピングを行う際の留意点として、プラズマの異方性を高める必要がある。これは半導体装置が微細化しているために横方向の寸法精度を高める為に必要な事である。ヘリコン波プラズマ源で発生したプラズマは拡散して被処理試料4の表面に到達する時には次第に横方向の運動量を有する様になる。この状態からイオンの異方性を高めるため

に、真空容器頭部付近に磁石又は電磁石10を複数設置し、この組み合わせにより、発散磁場印可して、プラズマの面積を高めると共に磁場が被処理試料4の表面の法線に従って入射する様にし、異方性を制御する。

【0029】(実施の形態2)ここでは、ドーピングされるドーパントの量を測定し、正確にドーピングする装置構成と処理方法に関する実施の形態2を説明する。図5はヘリコン波を用いた装置の基本構成に、プローブ21を設置した装置の構成を示すもので、図1に対応する部分には同符号を付している。正イオンを集めるプローブ21、このプローブ21を保護する絶縁管、プローブ21に負電位を与える電源、その他に電流計、電圧計、測定された電流からドーパント全量を計算する積算器を設備する。勿論これらが一体になった形の電源22であっても構わない。電源22からプローブ21に負電位を与えて、プラズマ中のイオン量をプローブ21に流れ込む電流の積算値の関数として演算し、所定のドーズ量に到達したら、プラズマを遮断するなどの制御を行う。

【0030】プラズマは夫々の原子、分子、イオンの状態に応じて電子遷移に伴い、発光する。典型的な波長での発光はプラズマの本質的な性質と関係が深いので、ドーピングされたドーパントの量を間接的に測定する事ができる。ここでは、ヘリコン波プラズマを用いた際にプラズマから発生する特有の光を検出するために、既に実施形態1で説明した基本的な構成の装置に光を検出するためのビューイングポート23を設備する。ビューイングポート23には真空を保持したまま所望の波長の光を透過する物質を選択する。例えば石英ガラスをはめ込み、真空系外部に光ファイバーの光導入口もしくはスペクトルを分光するための分光器を設置する。いずれにしても光電子増倍管や光検出半導体素子などを含めた光測定系24を経て光強度を測定する。測定した光の総量とドーピングされるドーパントの量には相関関係があるので、必要なドーズのドーパント量を光測定によって制御できる。そのための光量積算計や設定した光量に達したら、プラズマの発生を停止するなどの制御を実施するための装置を光測定系に組み込んでも良い。

【0031】(実施の形態3)ここでは、プラズマによって被処理物表面にもたらされた物質を、電離放射線の照射効果によって物理的、化学的に活性にし、所望の反応結果を得る実施例に関する実施の形態3について説明する。図6は既に実施例で説明した基本的な装置の構成に電離放射線を照射する為の機能を付加したもので、図5に対応する部分には同符号を付している。被処理物とドーピングされる物質の物性によって光励起や光化学反応は千差万別であるが、一般に金属以外の固体物質に電離放射線が入射すると固体を構成する原子分子よりなる結晶あるいはアモルファスの構造と電離放射線が相互作用をして、エネルギーが移動する。移動したエネルギーは固体を原子分子レベルで励起し、格子振動が励起され

たり、原子分子自体の移動や夫々の化学反応が促進されたりする。

【0032】特に半導体装置を作成しようとするときには、シリコン半導体に伝記的に活性となる、所謂不純物（ドーパントと呼ぶ）をドーピングして、結晶格子を再結晶化させて電気的に活性にする。その目的の為に、装置の構成として、ひとつはヘリコン波プラズマ源の上部からもしくは反応用真空槽6に設けた電離放射線導入口31から電離放射線源32より発生した、例えばX線又は紫外線や可視光を含むレーザを照射する。ドーパントを含んだ半導体基板に電離放射線を照射すると、半導体の結晶やアモルファスの格子の振動が励起され、ドーパントの再配置が促進される。この再配置はドーパントを電気的に活性な位置に移動させる効果を発揮して、半導体装置製造に必要なドーピング層が形成される。電離放射線の照射はプラズマドーピングと同時に進めれば良いが、プラズマドーピング終了後プラズマ源に印可するパワーを終了して後もドーパントの再配置を促進するに十分な時間（これは半導体やドーパントの物性に関わるが）、例えばシリコン基板にボロンを導入した場合など、10秒程度の電離放射線照射を引き続き行うことは有効である。

【0033】

【発明の効果】以上の様に 本発明によれば、高い真空度の領域で高密度のプラズマを発生する事によって被処理試料表面への物質の堆積と不純物ドーピングの競合過程を制御することができ、効率的にプラズマドーピングを行う事ができる。又実施例に説明した通り、下記のような効果を発揮する。

【0034】1 ヘリコン波プラズマ源とガス供給口の位置関係によって、更に詳細に被処理試料表面への物質の堆積と不純物ドーピングの競合過程を制御できる。

【0035】2 被処理試料を載置する台に別途電力を印可もしくは台付近に磁場を発生させる事によって被処理試料近傍のプラズマの状態を制御することができる。

【0036】3 被処理試料を載置する台やプラズマ源を動揺させる事によってドーピングの均一性を向上することができる。

【0037】4 ヘリコン波を用いた、プラズマの状態を電気的プローブや光発光を測定する事によって、ドーピングされた物質の量を測定することができる。

【0038】5 プラズマドーピングと同時にあるいは連続して電離放射線を照射することによって、ドーピングされた物質のアニールなど、結晶状態や物性を制御する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1におけるプラズマドーピング装置の概略構成図

【図2】同装置におけるヘリコン波プラズマ源に付随する発散磁場の磁石の配置状態を示す図

【図3】同装置における試料内のボロンの深さプロファイルを示す図

【図4】同装置における試料台の平面図

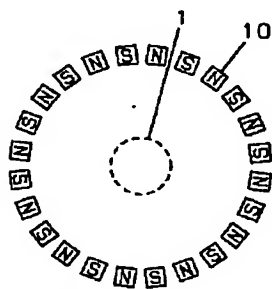
【図5】本発明の実施形態2におけるプラズマドーピング装置の概略構成図

【図6】本発明の実施形態3におけるプラズマドーピング装置の概略構成図

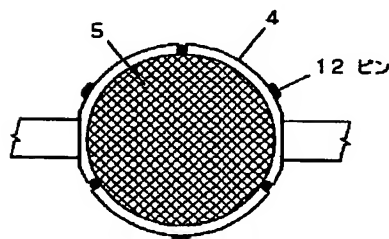
【符号の説明】

- 1 真空容器
- 2 電源
- 3 導電線
- 4 被処理試料
- 5 台
- 6 反応用真空槽
- 7 可動バルブ
- 8 真空ポンプ
- 9 ガス導入口
- 10 (電)磁石
- 11 電源

【図2】

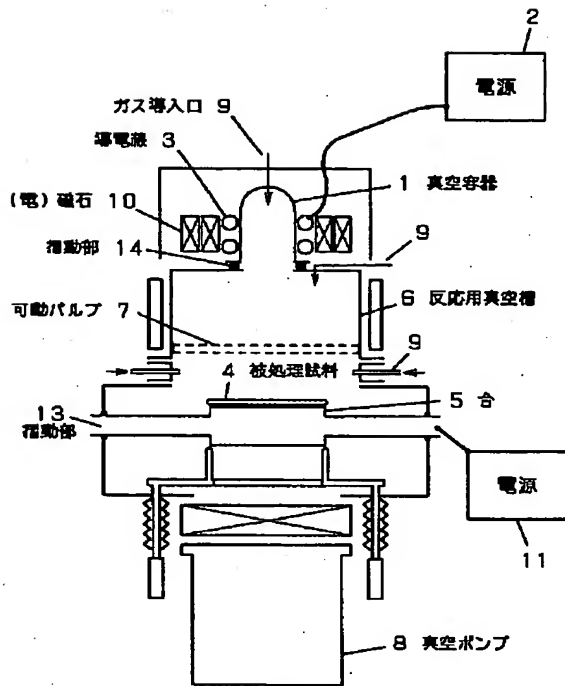


【図4】

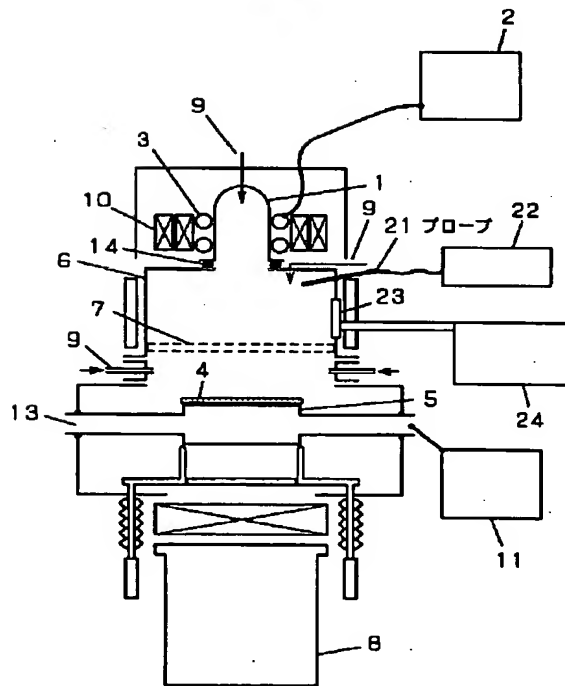




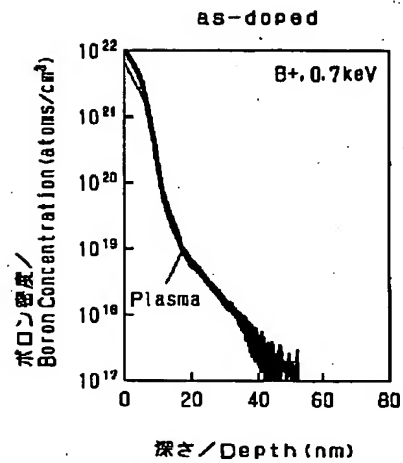
【図1】



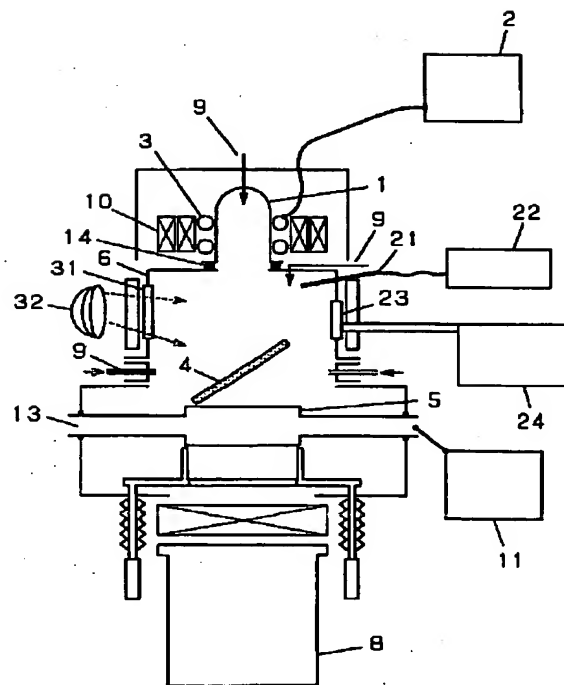
【図5】



【図3】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 水野 文二  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 高瀬 道彦  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 中山 一郎  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 川浦 廣  
東京都大田区南六郷3丁目19番地2号 株  
式会社シー・ヴィ・リサーチ内